

文章编号: 1000-0550(2012)04-0661-11

鸡西盆地早白垩世城子河组和穆棱组物源分析^①

王 珊¹ 任建业^{2,3} 张云鹏⁴ 赵学钦⁵ 杨承志⁶

(1. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 2. 中国地质大学构造与油气资源教育部重点实验室 武汉 430074;

3. 教育部含油气盆地构造研究中心 武汉 430074; 4. 中国地质调查局西安地质调查中心 西安 710054;

5. 西南科技大学环境与资源学院 四川绵阳 621010; 6. 中国地质大学资源学院 武汉 430074)

摘 要 充分利用研究区的野外露头 特别是露头所显示的砾石排列方向和各种层理构造、地震资料、岩芯重矿物资料,系统分析了能够指示物源方向的4种参数—古水流方向、地震反射特征、重矿物稳定系数及组合分异特征、鸡西盆地早白垩世沉积特征。结果表明,这4种参数的匹配情况良好,总体显示城子河组时期盆地大致存在西部和东南部两个方向的物源,其中西部物源为主要物源区,分别从西北、西部以及西南3个方向供给盆地沉积物,东南部物源区为次要物源区,影响范围较小;穆棱组时期基本继承了城子河组时期的物源体系,只是源区相对后退,反映出从城子河组到穆棱组为水进和湖盆范围变大的过程,东南部物源的影响范围较城子河组时期变大。利用重矿物组合特征进行源区对比,认为盆地西部物源区为小兴安岭—张广才岭造山带,盆地东南部物源来自延吉褶皱带。

关键词 鸡西盆地 古水流 城子河组 穆棱组 物源分析

第一作者简介 王珊 女 1986年出生 硕士研究生 石油地质 E-mail: wangshanchina@163.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 引言

鸡西盆地是黑龙江东部中生代重要含煤盆地,整

体位于前中生代佳木斯地块之上,呈NE向展布于敦密断裂西北侧(图1)。该盆地属大三江盆地群的范畴,为中生代残余拗陷盆地与新生代断陷盆地叠置而

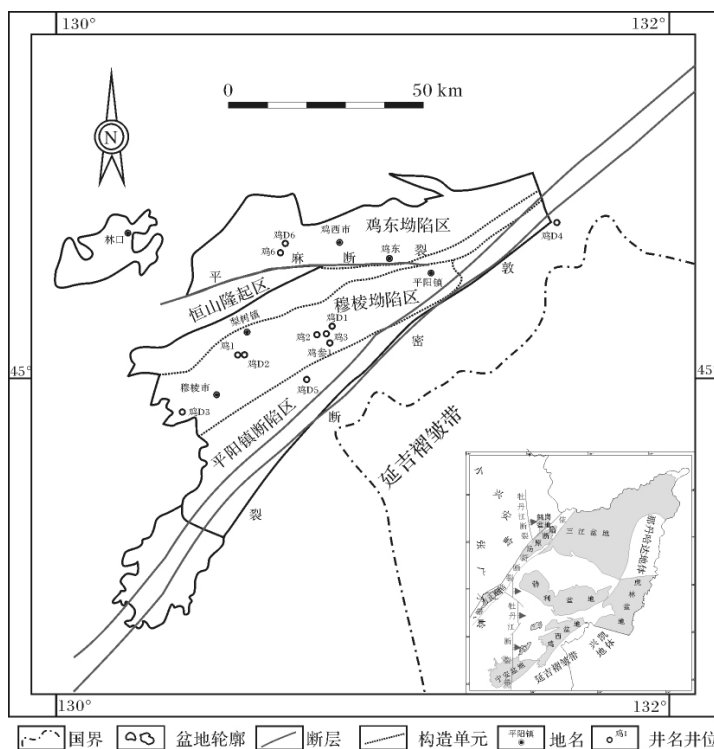


图1 区域地质简图(据孟庆龙,2007修改)

Fig. 1 Simplified geological map of the study area (modified from Meng Q L, 2007)

^①国家重大科技专项(编号:2009ZX05009-001)资助。
收稿日期:2011-06-22; 收修改稿日期:2011-10-18

成的叠合盆地,具有良好的油气前景。最新研究表明,早白垩世时期大三江盆地群为统一湖盆^{[1]①},而城子河组和穆棱组是统一湖盆发育的两个重要时期。鸡西盆地位于统一湖盆的南部边缘,并具有良好的露头、油田施工的地震剖面 and 钻井资料。本文试图通过露头砾石排列方向、各种层理构造和岩芯重矿物的统计分析,结合地震资料解释,研究鸡西盆地城子河组和穆棱组时期的物源方向和分布。本研究不仅可以进一步深化对大三江统一湖盆南部物源体系的认识,而且对鸡西盆地油气勘探也有实际应用价值。

1 地质概况

鸡西盆地位于佳木斯地体的南部边缘,西部紧邻牡丹江断裂,东部与那丹哈达地体群相邻,东南部为延吉褶皱带。盆地中部发育横贯东西的平麻断裂及北东向的恒山隆起,将盆地分为南部盆地和北部盆地,南部盆地主要包括恒山隆起、穆棱拗陷和平阳镇断陷,北部盆地主要包括鸡东拗陷(图1)。

鸡西盆地沉积盖层主要由下白垩统滴道组、城子河组、穆棱组、东山组,上白垩统猴石沟组、海浪组,古近系永庆组、新近系道台桥组等组成。其中城子河组(K_1ch)和穆棱组(K_1m)在盆地拗陷期最为发育。城子河组以陆相含煤碎屑岩建造为主,全盆广泛分布,平行不整合于下伏的滴道组之上,岩性组合上主要为灰—灰绿色泥岩、粉砂质泥岩与各粒度砂岩呈不等厚互层,夹杂色砂砾岩及数十层煤,煤系地层发育是其重要特征;穆棱组与城子河组相似,也以陆相含煤碎屑岩建造为主,全盆广泛分布,与下伏城子河组呈假整合和局部不整合接触。岩性整体上以灰白色、灰黑色细砂岩、粉砂岩和灰黑色泥岩不等厚互层为主,夹多层灰绿色凝灰岩及煤层。煤系地层及凝灰岩发育是该组的重要特征(图2)。

2 露头古水流特征

古水流方向的判定主要以本区砂岩中的板状斜层理产状及砾石扁平面的产状为依据(图3)。板状斜层理前积细层面的倾向代表水流方向。叠瓦状排列的砾石,古流向与叠瓦面的方向相反。

本文将实际测量数据极射赤平投影至吴氏网并进行未变形产状恢复,古水流恢复结果见图4。由于测量数据有限,因此文中也引用了前人在该区的一些研究数据^[2,3],从图4中可以看出,城子河组时期,盆地古水流主要流向北东、北北东和南南东三个方向。

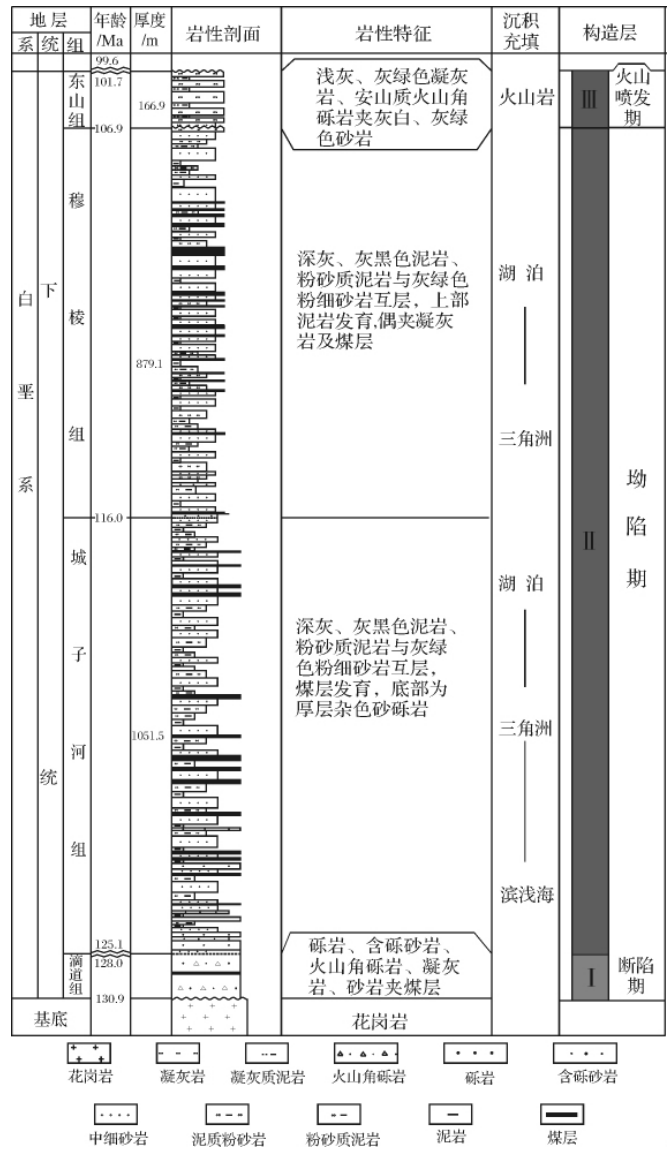


图2 鸡西盆地下白垩统地层综合柱状图

Fig. 2 General stratigraphic and sedimentary sequences of Lower Cretaceous in Jixi Basin

在南部接近盆地边缘的鸡D3井附近,古水流方向为自南西至北东,北部盆地鸡6井附近古水流方向为自南南西至北北东,至盆地北部边缘,古水流方向为自北北西至南南东。穆棱组时期,北部盆地古水流的方向与城子河组时期差别不大,以自南西至北东向为主,仅在鸡D6井东北部地区显示为多个古水流方向的叠加;南部盆地的中部古水流显示为自南南东至北北西,靠近北部边缘古水流显示自南东东至北西西和自西向东两个优势方向。

① 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院. 大三江地区构造沉积演化及盆地恢复研究[R]. 内部报告 2010

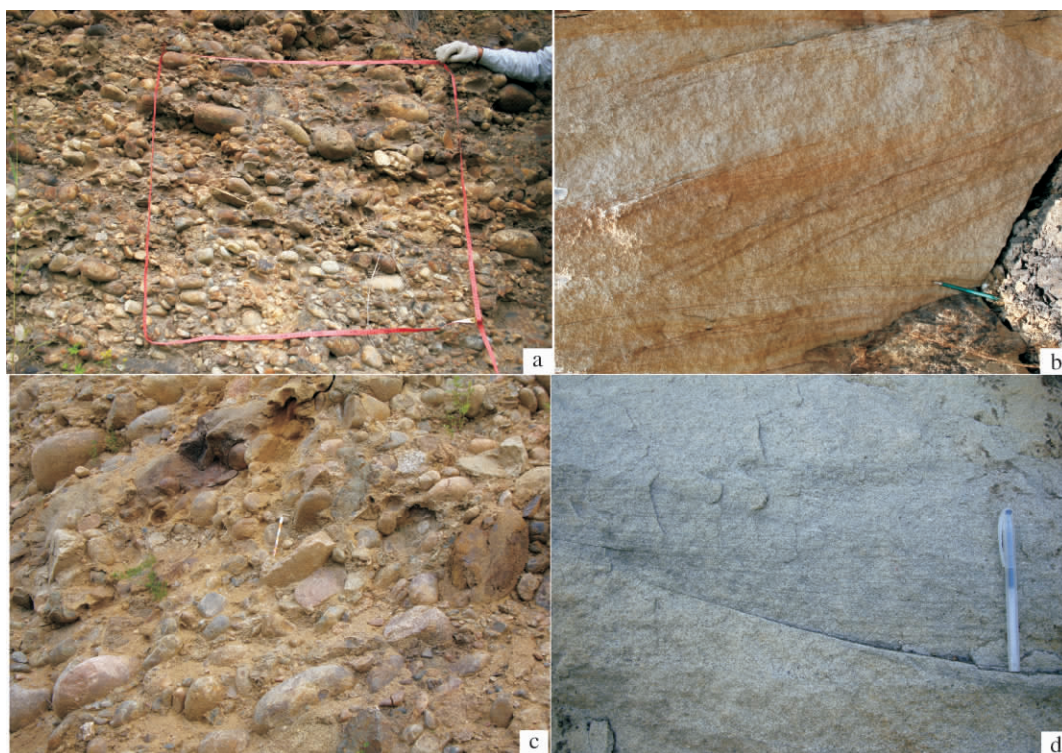


图 3 鸡西盆地野外露头观察照片

a. 城子河组砾石定向排列, 鸡西市穆棱河北岸; b. 城子河组斜层理, 鸡西市穆棱河北岸; c. 穆棱组砾石定向排列, 鸡西—林口县 069 县道旁; d. 穆棱组斜层理, 鸡西市滴道区 309 省道北部, 电厂东南方向.

Fig. 3 Photos of field outcrops in Jixi basin

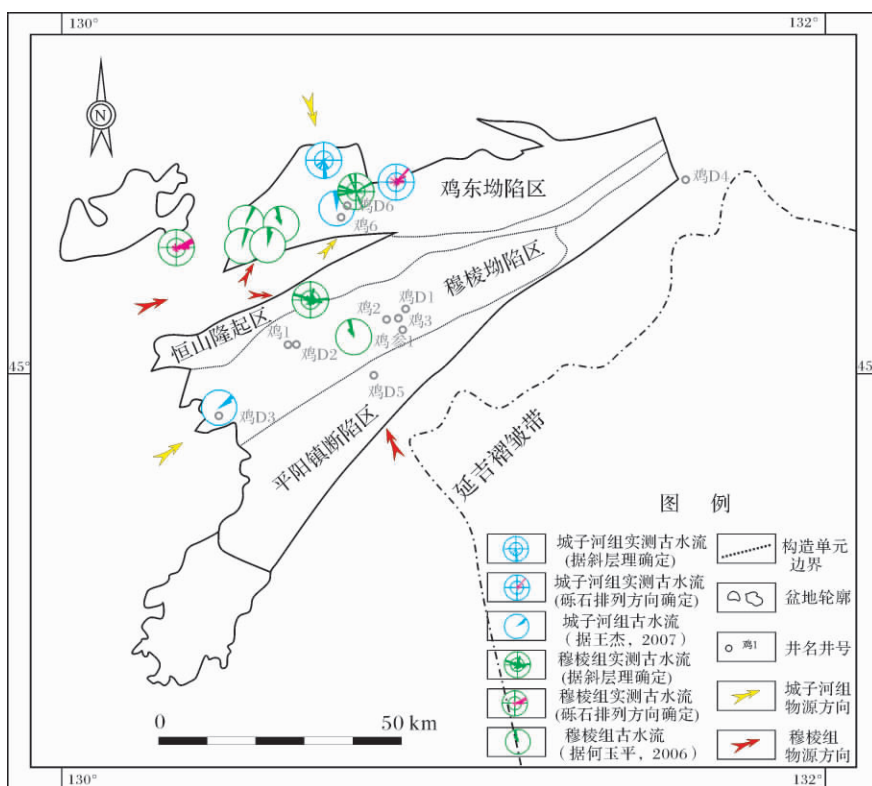


图 4 城子河组和穆棱组古水流方向

Fig. 4 Paleocurrent direction of Chengzihe and Muling Formation in Jixi Basin

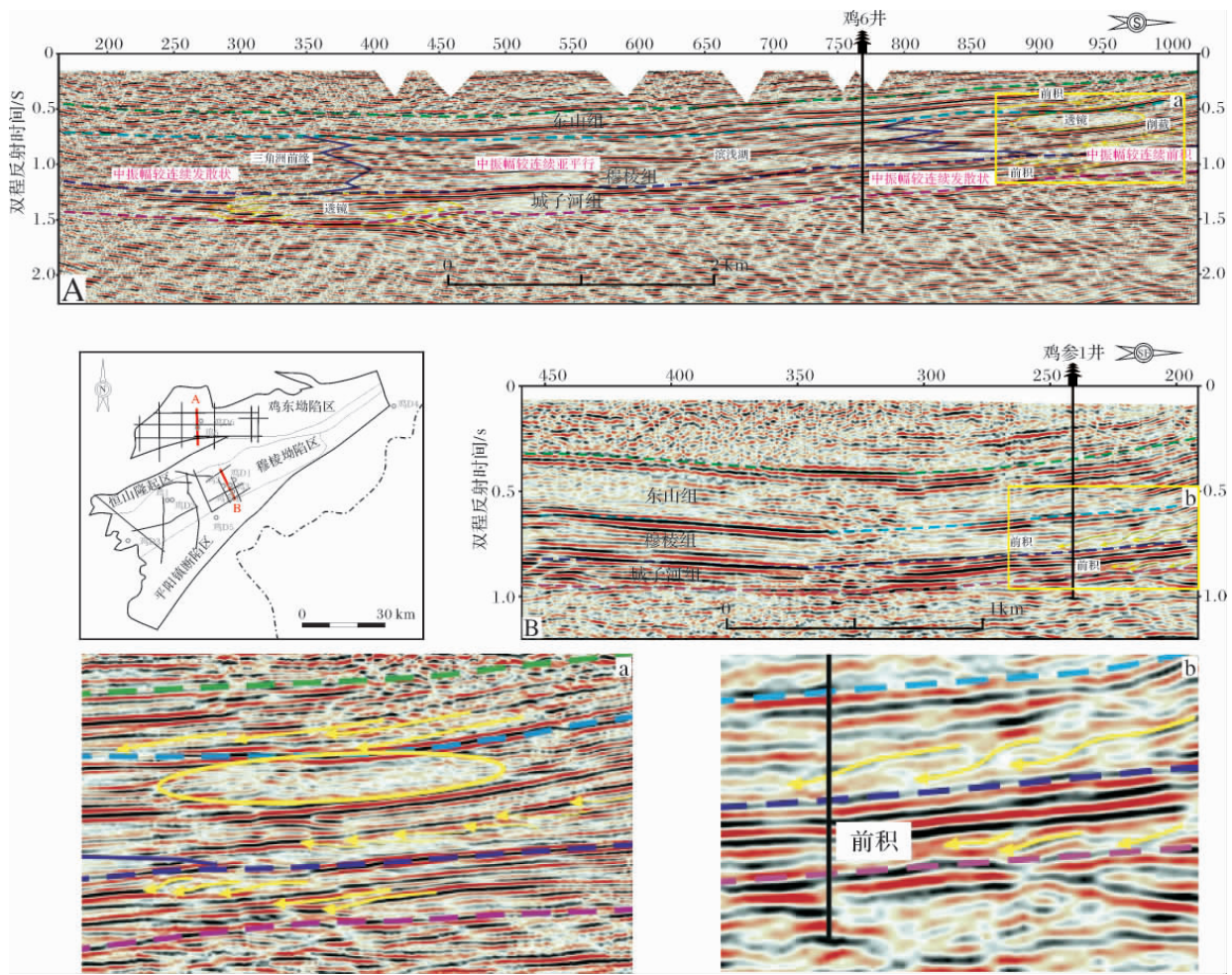


图5 鸡西盆地地震测线反射特征图

Fig. 5 The seismic reflection features of Jixi Basin

综合城子河组和穆棱组的古水流特征 推测在城子河组和穆棱组时期物源方向变化不大,主要存在西部、南东和北西三个方向的物源,分别从盆地西部、东南部、北部和恒山隆起区附近注入盆地。

3 地震反射特征

地震剖面的内部终端反射结构尤其是前积结构具有指示古水流方向的作用。当地层前积方向与地震测线方向大体一致时,地震剖面上的前积反射形态能够较为准确地反映地层的前积方向,指示出沉积物在平面上推进的主要方向。因此,通过地震反射特征特别是前积结构的识别,可以指示古水流方向,进而判断物源方向。

研究区多条地震剖面上都可识别出城子河组和穆棱组的前积反射结构,北部盆地过鸡6井测线两端显示为中振幅较连续发散状反射特征,中部显示为中

振幅较连续亚平行反射特征,可识别出前积和透镜两种反射结构,测线北端显示前积方向为自北向南,南端显示前积方向为自南向北,总体上表现为由盆地边缘向中心汇聚的特征(图5A a)。南部盆地过鸡参1井测线主要是以中振幅较连续平行—亚平行反射特征为主,仅在鸡参1井附近可识别出前积反射结构,根据测线位置推测物源可能来自盆地东南部,并且穆棱组前积范围较城子河组大,说明城子河组时期盆地东南部物源影响范围较小,至穆棱组时期该方向物源逐渐加强,影响范围变大(图5B b)。

4 沉积特征

通过对研究区的野外露头与岩芯观察,单井、连井分析与地震资料的综合解释,绘制出了鸡西盆地城子河组和穆棱组的沉积相图(图6 7),从图6可以看出,城子河组时期整个盆地从西向东,依次由三角洲

平原相过渡到滨浅湖相。主要物源来自盆地西部,另外还有一支物源从盆地南部进入,所携带沉积物卸载于鸡参 1 井周围。

在穆棱组沉积时期,沉积体系与城子河组时期基本一致,只是沉积范围扩大,盆地的主体依然是滨浅湖沉积。物源供给继承了城子河时期的物源供给。

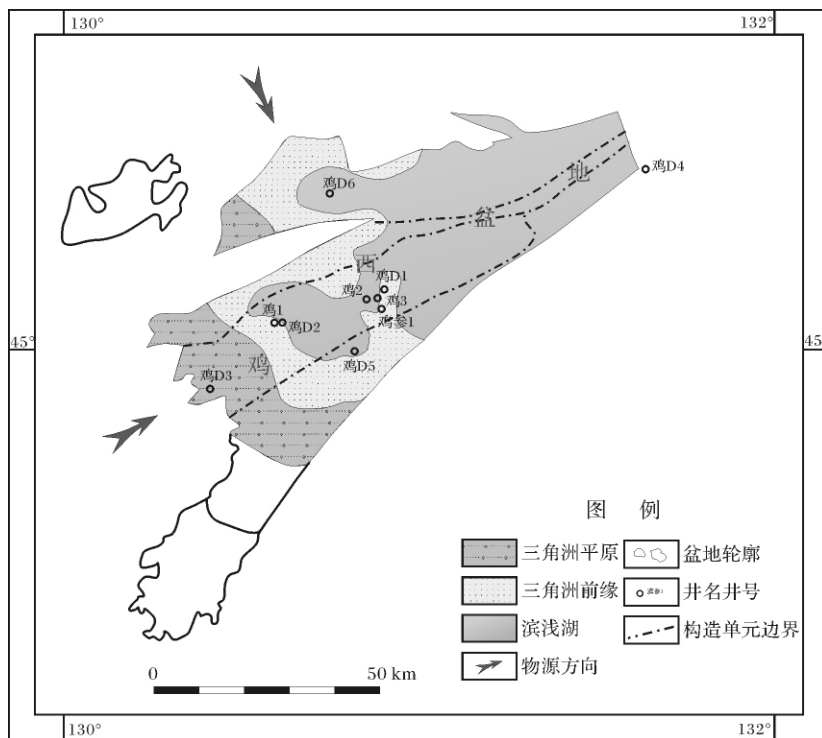


图 6 鸡西盆地城子河组沉积相图

Fig. 6 Sedimentary facies map of Chengzihe Formation in Jixi Basin

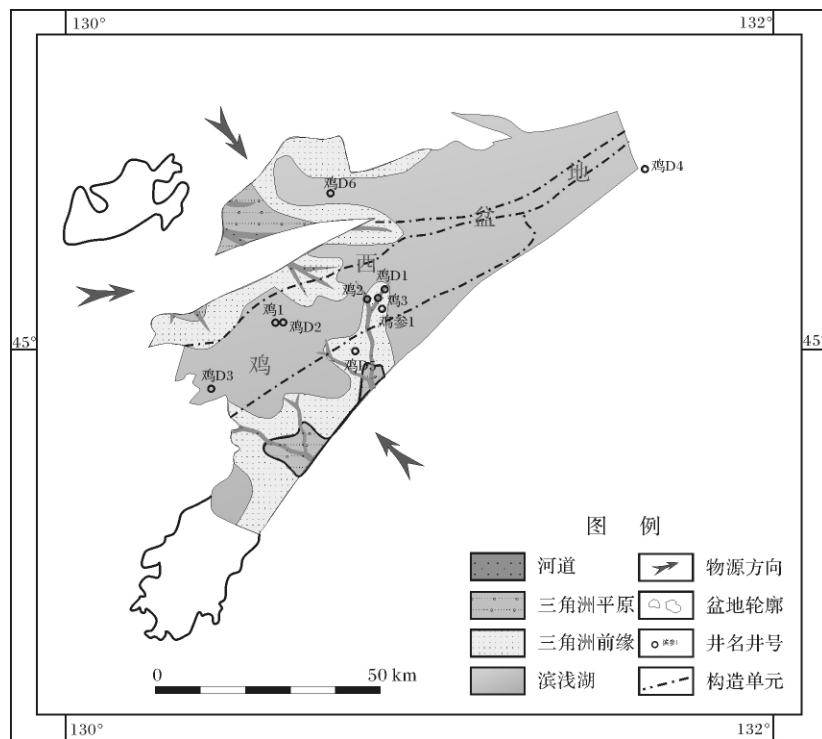


图 7 鸡西盆地穆棱组沉积相图

Fig. 7 Sedimentary facies map of Muling Formation in Jixi Basin

表1 鸡西盆地重矿物统计

Table 1 Heavy mineral statistics of Chengzihe and Muling Formation in Jixi Basin

井名	层位	锆石	白钛石	磁铁矿	钛铁矿	石榴子石	锡石	桐石	电气石	磷灰石	绿泥石	绿帘石	黝帘石	黑云母	磁黄铁矿	角闪石	辉石
		1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
鸡1	K _{1m}	49.00	8.70	0.70	1.30	0.00	0.00	0.00	2.00	12.1	4.70	0.00	0.00	8.10	12.8	0.70	0.00
鸡参1	Jm ₁	22.75	2.05	4.35	10.43	1.56	0.00	0.00	0.04	6.64	0.07	1.48	0.08	43.95	6.45	0.03	0.00
新鸡D2	Jm ₁	40.02	15.19	1.18	2.59	0.98	0.07	0.00	1.75	4.41	6.86	2.89	0.04	1.84	20.13	0.09	0.00
鸡6	K _{1m}	3.63	4.09	0.09	1.91	10.59	0.09	8.20	0.97	1.86	10.73	28.44	0.08	10.24	17.10	0.00	1.65
鸡D3	K _{1m}	18.9	15.90	0.00	0.00	8.90	0.00	0.00	2.40	0.00	1.90	0.80	0.00	4.80	0.00	0.00	0.00
鸡D6	K _{1m}	28.89	9.38	0.59	10.73	2.70	0.31	0.00	0.67	4.94	2.90	5.04	0.07	0.90	32.33	0.61	0.00
鸡1	K _{1ch₃}	40.30	4.05	0.50	1.15	0.00	0.00	0.00	1.15	2.15	3.25	0.25	0.00	11.45	35.70	0.00	0.00
鸡参1	Jch	51.72	10.7	5.49	0.89	0.83	0.22	0.02	0.70	2.94	2.06	1.40	0.00	6.07	16.95	0.00	0.00
鸡2	K _{1ch}	42.20	10.2	3.29	1.51	2.00	0.39	0.00	1.58	6.97	3.27	1.79	0.00	0.60	26.67	0.00	0.00
鸡6	K _{1ch}	8.77	8.28	0.49	1.11	0.05	0.04	0.00	0.87	1.15	0.21	0.08	0.00	0.08	78.86	0.00	0.00
鸡D6	K _{1ch}	22.18	14.68	0.92	2.62	0.82	0.00	0.00	0.54	1.88	21.14	1.50	0.00	0.66	32.60	0.58	0.00
鸡D3	K _{1ch}	23.50	6.50	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.90	0.00	4.40	2.10	0.00	9.40	0.00	0.00	0.00

由于水体范围扩大,西部物源后退,而南部的物源沉积范围扩大,形成了盆地总体以滨浅湖沉积为主,在盆地西南部和中部有三角洲前缘延伸入湖的沉积格局(图7)。

5 重矿物特征

重矿物是指碎屑岩中密度大于2.86 g/cm³的陆源碎屑矿物。按照其抗风化能力的大小,分为超稳定、稳定、中等稳定、不稳定和极不稳定5种类型。在矿物碎屑搬运的过程中,随着搬运距离的增加,不稳定的重矿物逐渐发生机械磨蚀或化学分解,含量逐渐减少,而稳定重矿物的相对含量逐渐升高。同时,物源区不同,所包含的重矿物类型也不同。因此可以依据重矿物组合类型和稳定系数来确定碎屑岩的母岩性质和物源方向^[5-7]。

对研究区8口钻井城子河组和穆棱组2个层位的182个样品采用重矿物代表值法分别进行重矿物特征分析,即用某井同一层位的全部样品鉴定结果中各重矿物百分含量的算术平均值,来代表该层位重矿物组合类型和百分含量^[8]。求取代表值的样品数越多,其代表性越强。为了保证统计结果的准确性,本文全部使用岩芯资料,绝大多数代表值的求取都使用了10个以上的样品,以求能够可靠反映其重矿物总体特征。

研究区内共鉴定出陆源重矿物16种(表1),其中超稳定重矿物和稳定重矿物有锆石(3.63%~51.72%)、电气石(0.04%~2.40%)、白钛石(2.05%~15.90%)、石榴子石(0~10.59%)、钛铁矿(0~10.73%)、磁铁矿(0~5.49%)等。中等稳

定、不稳定和极不稳定重矿物有黑云母(0.08%~43.95%)、绿泥石(0.07%~21.14%)、绿帘石(0~28.44%)、磷灰石(0~12.1%)等。

5.1 稳定系数分析

重矿物稳定系数是稳定型重矿物相对含量与不稳定型重矿物相对含量的比值^[8-9]。稳定系数越高,矿物成熟度越高,离物源越远,反之,稳定系数越小,矿物成熟度越低,搬运距离越短。因此可以利用稳定系数大致确定其搬运方向及搬运距离。

(1) 平面分布

根据研究区的重矿物类型,分别计算出城子河组和穆棱组各井的重矿物稳定系数(表2),并结合古水流方向和地震前积方向作出稳定系数等值线图(图8)。从表2中可以看出,城子河组时期稳定系数普遍较小(0.2~2.4),说明搬运距离都较短。由图8可得,北部盆地自南向北稳定系数逐渐增大,推测物源方向大致应为由南向北。南部盆地的北部边缘自北向南稳定系数逐渐升高,推测物源方向应为由北向南,同时,在西部边缘自西向东稳定系数逐渐增高,物源方向应为由西向东。

表2 城子河组和穆棱组各井重矿物稳定系数

Table 2 Stability coefficient of the wells in Chengzihe and Muling Formation

井号	重矿物稳定系数	
	K _{1ch}	K _{1m}
鸡D6	0.7	1.1
鸡6	0.2	0.4
鸡1	0.9	1.6
鸡D3	2.2	6.1
鸡参1	2.4	0.7

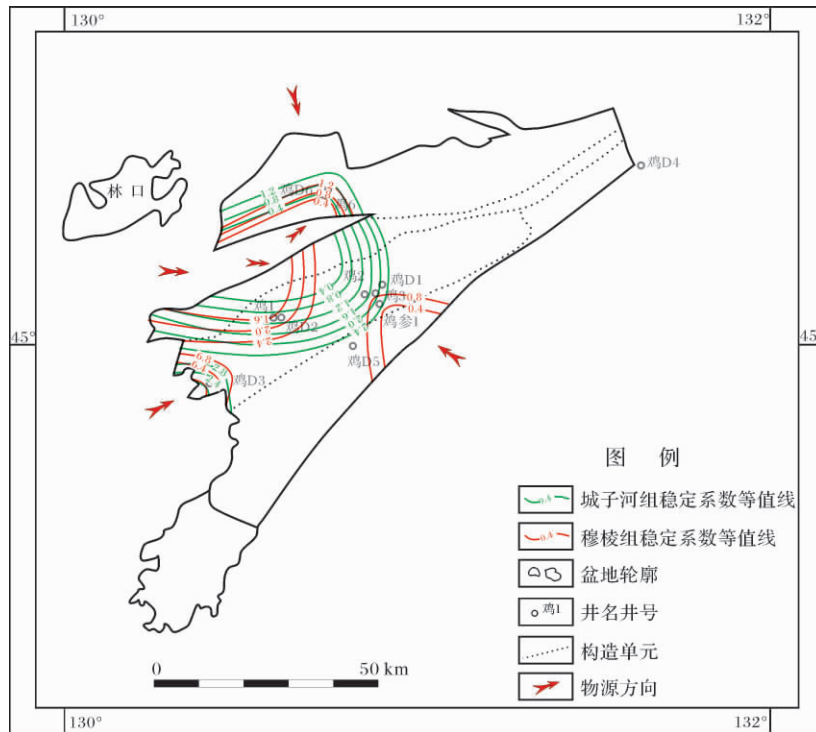


图 8 城子河组和穆棱组重矿物稳定系数等值线图

Fig. 8 The stability coefficient isopach map of Chengzihe and Muling Formation

穆棱组时期稳定系数较城子河组时期高,除鸡 D3 井稳定系数较大,为 6.1 以外,其余各井稳定系数分布在 0.4~1.6 之间(表一)。该时期,盆地基本延续了城子河组的物源方向,只是影响范围有所变化(图 8)。

(2) 垂向分布

对鸡 D6、鸡 6、鸡 1、鸡 D3、鸡参 1 井城子河组和穆棱组稳定系数做柱状对比图(图 9),从图中可以看出,鸡 D6、鸡 6、鸡 1、鸡 D3 井从城子河组到穆棱组稳定系数均增大,其中鸡 D3 井增大的最多;只有鸡参 1 井稳定系数明显减小。究其原因,可能是穆棱组时期,整体湖盆扩大,盆地西北部(鸡 D6、鸡 6),西部(鸡 1)、西南部(鸡 D3)物源区相对退后,搬运距离变长所致,特别是鸡 D3 井附近,稳定系数明显增大,表明源区相对于沉积盆地退幅较大。盆地东南部(鸡参 1)附近,结合地震剖面,存在的东南部物源影响范围变大,至穆棱组时期已影响到鸡参 1 井附近,故表现为稳定系数减小。

以上研究表明,穆棱组时期湖盆范围扩大,物源继承了城子河组时期的供给,西部物源相对于沉积盆地后退,但是盆地东南部物源影响范围较城子河组时期明显变大。

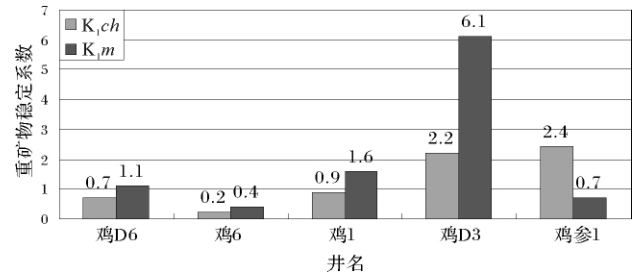


图 9 鸡西盆地部分井城子河组和穆棱组重矿物稳定系数对比图

Fig. 9 Stability coefficient comparison chart in Chengzihe and Muling Formation of Jixi Basin

5.2 重矿物组合类型

碎屑沉积物中重矿物的总体特征取决于母岩的性质、水体的动力条件和重矿物的搬运距离^[9]。在物源相同、古水流体系一致的碎屑沉积物中,碎屑重矿物的结合具有相似性;而母岩不同的碎屑沉积物则具有不同的重矿物的组合(表 3)。因此重矿物种类、组合类型及其变化可反映沉积物物源、源区岩石类型及沉积搬运路径。

此次采用了 Q 型聚类分析进行重矿物组合分区,即通过确定样本间的相似程度而对样本进行分

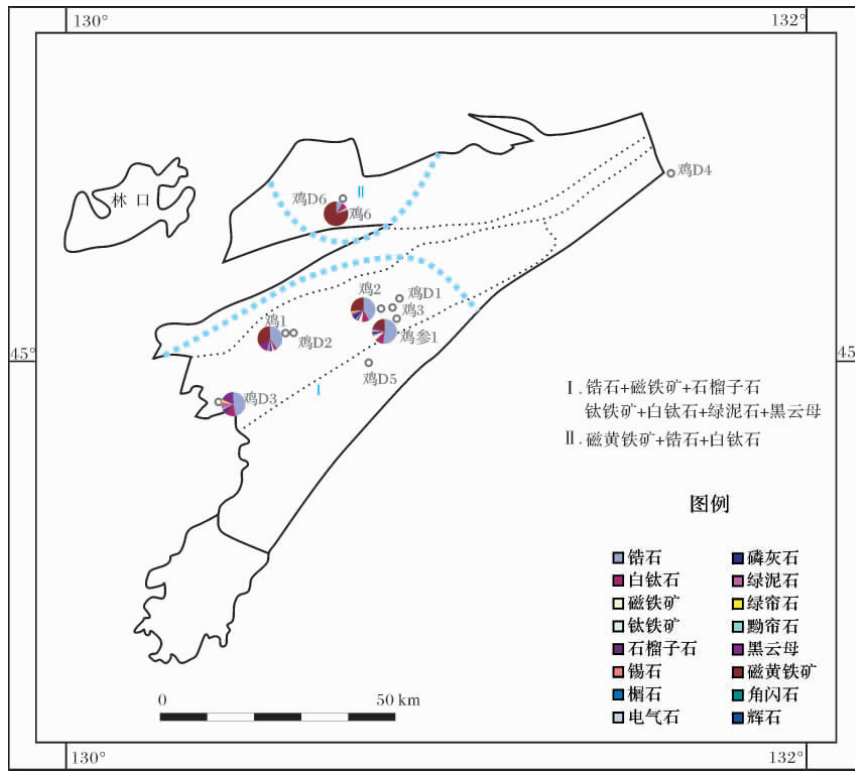


图 10 城子河组时期重矿物组合特征

Fig. 10 Heavy mineral assemblage characteristics of Chengzihe Fomation

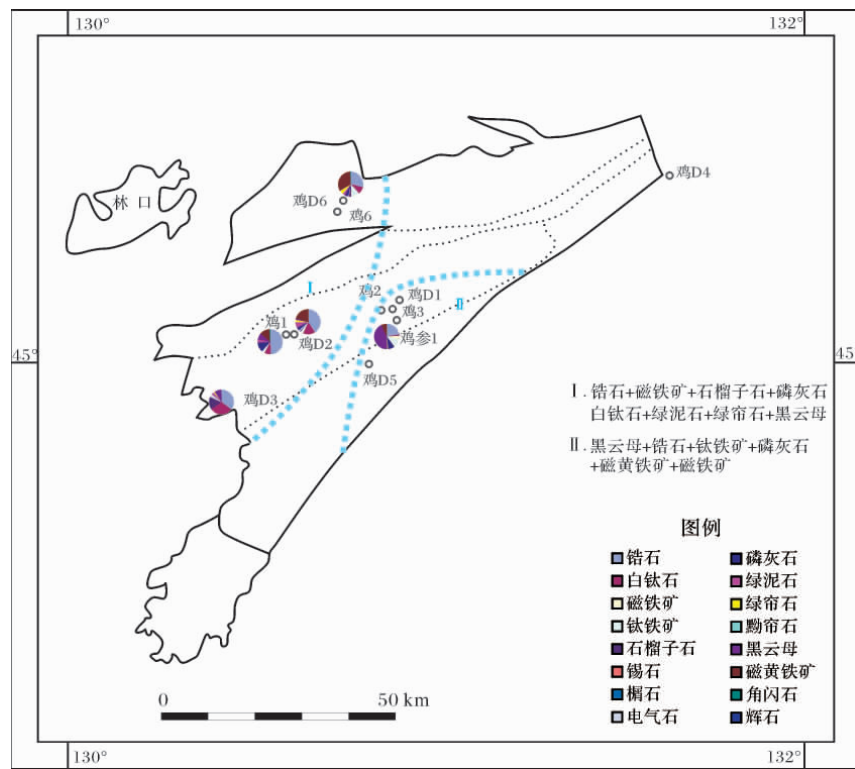


图 11 穆棱组时期重矿物组合特征

Fig. 11 Heavy mineral assemblage characteristics of Muling Fomation

表3 不同母岩的重矿物组合(据何玉平 2006)

Table 3 Heavy mineral assemblage in different parent rocks (after He Yunping 2006)

母岩	重矿物组合
中酸性岩浆岩	磷灰石、独居石、金红石、榍石、锆石、黑云母
中基性岩浆岩	磁铁矿、白钛石、钛铁矿、少量辉石、角闪石
酸性侵入岩	黑云母、锆石、磷灰石、榍石
中高级变质岩	绿帘石、石榴石、蓝晶石、绿泥石、锆石、黑云母
低级变质岩	白钛石、蓝闪石、蓝晶石、绿泥石、黑云母、锆石
沉积岩	锆石、电气石、金红石

类^[5,10]。在确定各地区的重矿物组合类型时,运用了多元统计中的因子分析法。

通过分析,将城子河组时期盆地大致划为西南部(主要由鸡1、鸡参1、鸡2、鸡D3井控制)和西北部(由鸡6井控制)2个重矿物组合区。西南部组合区,重矿物以锆石、磁黄铁矿、白钛石、黑云母为主,其次为磁铁矿、磷灰石、绿泥石。利用因子分析的方法,并结合各种矿物的百分含量可确定该地区主要重矿物组合为:锆石—磁铁矿—石榴子石、钛铁矿—白钛石—绿泥石—黑云母。第一种类型的重矿物组合是该地区的主要类型。两种类型的组合反映的母岩类型均为中高级变质岩和中基性岩浆岩(图10,表3)。西北部鸡6井主要的重矿物组合类型为磁黄铁矿—锆石—白钛石,其中磁黄铁矿含量极高,为低级变质岩(图10,表3)。

将穆棱组时期盆地大致划为西部(由鸡1、新鸡D2、鸡6、鸡D3、鸡D6井控制)和东南部(由鸡参1井控制)2个重矿物组合区。西部组合区,重矿物以锆石、磁黄铁矿、白钛石、黑云母、绿泥石、绿帘石为主,其次为钛铁矿、石榴子石、绿泥石、磷灰石。利用因子分析的方法,确定该地区主要重矿物组合为:锆石—磁铁矿—石榴子石—磷灰石,反映母岩类型为中高级变质岩、酸性侵入岩和中基性岩浆岩,次要重矿物组合为:白钛石—绿泥石—绿帘石—黑云母,反映母岩类型为中高级变质岩和低级变质岩(图11,表3)。东南部鸡参1井主要的重矿物组合类型为黑云母—锆石—钛铁矿—磷灰石—磁黄铁矿—磁铁矿,反映母岩类型为中基性岩浆岩和中酸性岩浆岩(图11,表3)。

6 物源分析

通过古水流、地震剖面、沉积相并结合重矿物组合特征,认为城子河组和穆棱组沉积时期盆地大致存在西部和东南部两个方向的重要物源。其中西部物源又分别从西北、西部和西南3个方向注入盆地。具

体表现为:

(1) 城子河组时期,古水流、地震剖面及沉积相图显示物源主要来自盆地西北、西部和西南部地区,总体呈自西向东向盆地内推进,其中西部物源自恒山隆起一带进入盆地后向两边撒开,分别进入南部盆地和北部盆地。盆地东南部也存在一个物源,但是影响范围相对较小。通过重矿物组合确定南部盆地母岩类型主要为中高级变质岩和中基性岩浆岩;北部盆地鸡6井附近母岩类型主要为低级变质岩。对比发现该母岩岩性与张广才岭造山带基本一致,说明西部物源主要来自小兴安岭—张广才岭造山带。同时,重矿物组合特征未显示出盆地存在东南部物源,但地震剖面上已有前积结构显示(图5B),因此,推测是由于城子河组时期该方向的物源尚未影响到控制井位。

(2) 穆棱组时期,古水流、地震剖面及沉积相图显示该时期物源基本继承了城子河组时期的物源供给,盆地仍存在西部和东南部两个主要物源。重矿物组合特征显示,盆地西部的母岩类型主要为中高级变质岩、低级变质岩、酸性侵入岩和中基性岩浆岩,这与小兴安岭—张广才岭造山带一致,因此,盆地西部物源主要由小兴安岭—张广才岭造山带提供。而盆地东南部母岩类型为中基性岩浆岩和中酸性岩浆岩,通过对比认为盆地东南部物源主要来自延吉褶皱带。并且在该时期,从地震剖面和钻井重矿物特征上发现该方向上的物源对盆地的影响从城子河组至穆棱组逐步扩大,最远可延伸至鸡参1井附近。

7 讨论

通过斜层理、砾石扁平面产状、地震剖面的反射特征,比如前积结构等可以判断古水流方向,进而判断物源方向;通过沉积相展布规律也可推断盆地物源方向。而根据重矿物类型及组合特征等可以确定母岩岩性,进而确定物源区,虽然碎屑岩中的重矿物在搬运、沉积和成岩过程中往往会受到多种因素的影响,而重矿物的组合特征也受多种地质因素影响,但其仍可反映物源的分布^[11,12]。本文通过重矿物组合确定盆地西部的母岩类型主要为中高级变质岩、低级变质岩、酸性侵入岩和中基性岩浆岩,而盆地西部的张广才岭造山带是古生代时期形成的一条长达800 km的具陆缘岛弧性质的构造杂岩带^[13]。其基底岩系新元古代张广才岭群为一套浅变质的陆源碎屑岩—碳酸盐岩—中基性火山岩建造。晚古生代—早中生代地层包括晚石炭世唐家屯组、早二叠世青龙屯

组、晚二叠世五道岭组和中侏罗世太安屯组。唐家屯组岩性以强片理化酸性、中酸性火山岩为主,夹少量中性火山岩及片理化变质的正常沉积岩。青龙屯组岩性以中、基性火山岩为主夹凝灰砂岩及凝灰质板岩组合。五道岭组下部中性火山岩段以中性火山岩为主;上部酸性火山岩段以酸性火山岩为主,两段均夹中酸性火山岩及正常沉积岩薄层。太安屯组下段以凝灰质砂岩、凝灰质砾岩及正常沉积岩为主夹中、酸性火山岩;上段以中性—酸性熔岩为主夹沉积岩^[14]。因此,虽然通过古水流和地震剖面发现西部存在西北、西部和西南3个方向的物源,但通过岩性对比发现,这几个物源方向的母岩性质与张广才岭造山带基本一致,说明西部3个方向的物源都主要来自张广才岭造山带。而盆地东南部的母岩类型为中基性岩浆岩和中酸性岩浆岩,根据前人资料,在吉林东部延褶皱带大面积出露中生代火山岩,且根据岩性特征可分为三个火山喷发旋回,各旋回火山岩均属SiO₂过饱和的中基性—中酸性岩类^[15]。盆地东南部母岩类型与其相吻合,因此盆地东南部物源主要来自延吉褶皱带。

参考文献(References)

- 刘燕成. 勃利盆地和鸡西盆地的构造特征及油气远景研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009 [Liu Yanshu. Study of structural characteristics and oil-gas perspective in Boli-Jixi basin [D]. Changchun: Jilin University, 2009]
- 何玉平. 黑龙江省东部早白垩世沉积特征与原型盆地恢复[D]. 长春: 吉林大学, 2006 [He Yuping. The Early Cretaceous sedimentary characteristics and prototype basin restoration in eastern Heilongjiang province [D]. Changchun: Jilin University, 2006]
- 王杰. 鸡西盆地早白垩世沉积特征及物源分析[D]. 长春: 吉林大学, 2007 [Wang Jie. The Early Cretaceous sedimentary characteristics and analysis of the provenances in Jixi basin [D]. Changchun: Jilin University, 2007]
- 和钟铎, 刘招君, 张峰. 重矿物在盆地分析中的应用研究进展[J]. 地质科技情报, 2001, 20(4): 29-32 [He Zhonghua, Liu Zhaojun, Zhang Feng. Latest progress of heavy mineral research in the basin analysis [J]. Geological Science and Technology Information, 2001, 20(4): 29-32]
- 赵红格, 刘池洋. 物源分析方法及研究进展[J]. 沉积学报, 2003, 2(13): 409-410 [Zhao Hongge, Liu Chiyang. Approaches and prospects of provenance analysis [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 2(13): 409-410]
- 白云凤, 王振升, 韦阿娟, 等. 黄骀坳陷东营组重矿物时空展布特征及物源体系分析[J]. 大庆石油地质与开发, 2008, 27(2): 39-42 [Bai Yunfeng, Wang Zhensheng, Wei Ajuan, et al. Time and space distribution characteristics and material resource system of heavy minerals in Dongying Formation of Huanghua Depression [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2008, 27(2): 39-42]
- 张元, 郭翔, 刘宏彦, 等. 三塘湖盆地马朗地区重矿物特征及物源分析[J]. 中外能源, 2007, 12: 48-51 [Zhang Yuan, Guo Xiang, Liu Hongyan, et al. Analysis for heavy mineral combination characteristics and detritus sources in Malang Depression of Santanghu basin [J]. Sino-Global Energy, 2007, 12: 48-51]
- 沈丽琪. 沉积岩重矿物研究中的几个重要概念及其应用[J]. 中国科学: B辑, 1985, 1: 70-78 [Shen Liqi. Several important concepts and their application in sedimentary heavy mineral studies [J]. Science in China, 1985, 1: 70-78]
- 裴蒂庄(译). 沉积岩[M]. 北京: 石油工业出版社, 1981 [Pei Dizhuang. Sedimentary Rock [M]. Beijing: Petroleum Industry Publishing House, 1981]
- 武法东, 陆永潮, 阮小燕. 重矿物聚类分析在物源分析及地层对比中的应用——以东海陆架盆地西湖凹陷平湖地区为例[J]. 现代地质, 1996, 10(3): 397-402 [Wu Fadong, Lu Yongchao, Ruan Xiaoyan. Application of heavy minerals cluster analysis to study of clastic sources and stratigraphic correlation [J]. Geoscience, 1996, 10(3): 397-402]
- Morton A C. Influences of provenance and diagenesis on detrital garnet suite in the Forties sandstone, Paleocene, central North Sea [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1987, 57: 1027-1032
- Dill H G. Can REE Pattern, U-Th variation be used as a tool to determine the origin of apatite in clastic rocks? [J]. Sedimentary Geology, 1994, 92(3-4): 175-196
- 李锦轶, 牛宝贵, 宋彪, 等. 长白山北段地壳的形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 110-114 [Li Jinyi, Niu Baogui, Song Biao, et al. The Formation and Evolution of the North Crust of Changbai Mountain [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 110-114]
- 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993 [Administration Bureau of Geology & Mineral Resources of Heilongjiang Province. Regional Geology of Heilongjiang Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993]
- 张洪武, 王泽利, 李明哲. 吉林东部延吉地区中生代火山岩地球化学特征[J]. 世界地质, 1998, 17(2): 6-11 [Zhang Hongwu, Wang Zeli, Li Mingzhe. Geochemical characteristic of Mesozoic volcanic province rock in Yanji Region, eastern Jilin Province [J]. World Geology, 1998, 17(2): 6-11]

Provenance Analysis of Chengzihe and Muling Formation in Jixi Basin , Northeastern China

WANG Shan¹ REN Jian-ye^{2,3} ZHANG Yun-peng⁴ ZHAO Xue-qin⁵ YANG Cheng-zhi⁶

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Development , Beijing 100083;

2. Key Laboratory of Tectonics and Petroleum Resources of Ministry of Education , China University of Geosciences , Wuhan 430074;

3. Structural Research Center of Oil & Gas Bearing Basin , Ministry of Education , Wuhan 430074;

4. Xi'an Center of Geological Survey , China Geological Survey , Xi'an 710054;

5. School of Environmental Resource and Engineering , Southwest University of Science and Technology , Mianyang Sichuan 621010;

6. Faculty of Earth Resources , China University of Geosciences , Wuhan 430074)

Abstract: The field outcrops , especially the arraying direction of gravel and various bedding structures revealed by the outcrops , seismic data , core and heavy mineral data have been fully used to analyze the four key parameters that indicate the paleo-provenance direction , which include paleocurrent directions , structural features of seismic reflection , stability coefficient , differentiation characteristics of heavy mineral assemblage and the sedimentary characteristics of Jixi basin. Comprehensive studies show that the four parameters match well. There were mainly two provenances located in the west and southeast of the basin , respectively , in Chengzihe Formation. The west provenance was the main one , which provided sediments from the northwest , west and southwest to Jixi basin , and gradually headed east while divided into two branches at Hengshan uplift , entered the south and north part of the basin , respectively. After analyzing depositional system of heavy minerals and comparing the types of circumbasin parent rock , west provenance was thought to be primarily from the orogenic belt of Xiaoxingan-Zhangguangcai Range. Progradation configuration in the seismic profiles pointed out that upon the southeast of the basin there existed another subordinate provenance with less influence , which was considered to be the secondary provenance. During the period of Muling Formation , the paleocurrent characteristics revealed that the main traits formed in Chengzihe Formation were mostly inherited , i. e. the basin still had two separate provenances , but the provenances relatively retreated , showing transgression from Chengzihe to Muling Formation , meanwhile , the range of the lake basin became larger. The southwest provenance had a bigger impact area compared with Chengzihe Formation. The features of heavy mineral assemblage reflected that the types of mother rock from the west part of the basin were consistent with orogenic belt of Xiaoxingan-Zhangguangcai Range , which indicated that the west provenance mainly came from the aforementioned orogenic belt , while the mother rock types from southeast site were consistent with Yanji fold belt , illustrating that southeast provenance mainly came from it , gradually augmented its influence on development of Jixi basin from Chengzihe Formation to Muling Formation.

Key words: Jixi Basin; paleocurrent; Chengzihe Formation; Muling Formation; provenance analysis